

**(54) METHOD AND INSTRUMENT FOR MEASURING END SURFACE ANGLE OF OPTICAL FIBER**

**(11)** 62-299738 (A) (43) 26.12.1987 (19) JP

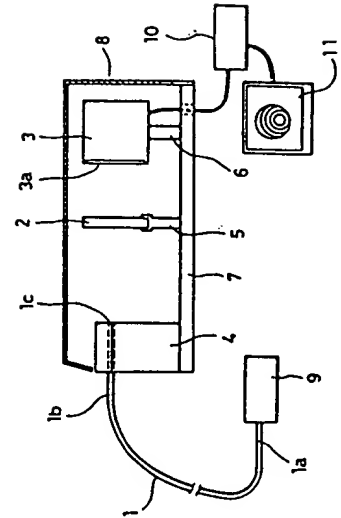
**(21)** Appl. No. 61-142806 (22) 20.6.1986

**(71)** NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> (72) MAKOTO SATO(1)

**(51)** Int. Cl. G01M11/00, G01B11/26

**PURPOSE:** To easily take a high-accuracy measurement by a simple device by irradiating a screen with light projected from an end of an optical fiber to be measured through a transparent glass plate and measuring the distance between the center of a formed projection image and the center of a concentric interference image.

**CONSTITUTION:** The end 1b of the optical fiber 1 to be measured is fixed to a fixed base 4 and the transparent glass plate 2 which has uniform thickness is provided at optional distance from the fixed base 4. Further, an image pickup device 3 which has the screen 3a is provided opposite the fixed base 4 across the glass plate 2. The glass plate 2 and screen 3a cross the axis of the optical fiber 1 at right angle. Then, the light projected from the end surface of the optical fiber 1 to be measured is projected on the screen 3a through the glass plate 2 and the distance between the center of the projection image formed on the screen 3a and the center of the concentric interference image formed on the screen 3a over said projection image is measured to calculate the end surface angle of the end of the optical fiber 1 to be measured from the obtained distance.



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報(A)

昭62-299738

⑫ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)12月26日

G 01 M 11/00

G-2122-2G

G 01 B 11/26

Z-7625-2F

審査請求 未請求 発明の数 2 (全7頁)

⑭ 発明の名称 光ファイバの端面角度測定方法およびその装置

⑮ 特 願 昭61-142806

⑯ 出 願 昭61(1986)6月20日

⑰ 発 明 者 佐 藤 誠 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑱ 発 明 者 立 蔵 正 男 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑳ 代 理 人 弁理士 吉田 精孝

明 細 説 明

1. 発明の名称

光ファイバの端面角度測定方法およびその装置

2. 特許請求の範囲

(1) 光ファイバの一端より可干渉光を入射し、

該光ファイバの被測定端から出射する光を、均一な厚さを有しかつ前記被測定端より任意の間隔を隔てた位置に前記光ファイバの軸に直交して配置した透明板、および該透明板を通して前記光ファイバの軸に直交して配置したスクリーンに照射させ、

該スクリーン上に形成される投影像の中心と、該投影像に重なってスクリーン上に形成される同心円状の干渉像の中心との距離を測定し、

該距離から光ファイバの被測定端の端面角度を算出するようになした

ことを特徴とする光ファイバの端面角度測定方法。

(2) 光ファイバの被測定端を固定する固定手段

と、

均一な厚さを有しかつ前記固定手段より任意の間隔を隔てた位置に設けた透明板と、

前記透明板を挟んで前記固定手段と対向する位置に設けたスクリーンとを備え、

前記透明板およびスクリーンは前記固定手段に固定された光ファイバの軸に対して直交する如く配置した

ことを特徴とする光ファイバの端面角度測定装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、光ファイバの端面が該光ファイバの軸となす角度を簡単かつ精密に測定する方法およびその装置に関するものである。

(従来の技術)

光ファイバ同士を相互に低損失で接続する方法としては、光ファイバの端部を熱で溶融して接続する融着接続法や、光ファイバの端部を対向させてコネクタで固定する方法等がある。

融着接続法の場合、光ファイバの端面が該光ファイバの軸に対して垂直でないと、融着する際、光ファイバ中のコアの変形を引起し、低損失に接続することが大変困難となる。また、コネクタによる接続の場合も光ファイバの端面、即ちコネクタの端面が光ファイバの軸に対して垂直でないと、損失の原因となる。

このように光ファイバの端面を、光ファイバの軸に対して垂直に切断あるいは研磨することは、光ファイバの接続上、不可欠な作業であり、このため、光ファイバの端面の角度を精密に測定する技術が必要となる。

従来より用いられている光ファイバの端面角度測定方法としては、例えば光ファイバの端面を顕微鏡より顕微鏡で観察して角度を測る方法があり、また、他の方法としては光ファイバの端面を、該光ファイバの軸に対して垂直に保持したガラス板の一面に接近させ、その間隙で光を多重反射させて干渉を起こさせ、その際、生じる干渉パターンを顕微鏡で観察して角度を測る方法等があった。

かつ測定精度の高い光ファイバの端面角度測定方法およびその装置を提供することを目的とする。

(問題点を解決するための手段)

前記問題点を解決するため、本発明方法では光ファイバの一端より可干渉光を入射し、該光ファイバの被測定端から出射する光を、均一な厚さを有しかつ前記被測定端より任意の間隔を隔てた位置に前記光ファイバの軸に直交して配置した透明板、および該透明板を通して前記光ファイバの軸に直交して配置したスクリーンに照射させ、該スクリーン上に形成される投影像の中心と、該投影像に重なってスクリーン上に形成される同心円状の干渉像の中心との距離を測定し、該距離から光ファイバの被測定端の端面角度を算出するようになり、また、本発明装置では光ファイバの被測定端を固定する固定手段と、均一な厚さを有しかつ前記固定手段より任意の間隔を隔てた位置に設けた透明板と、前記透明板を挟んで前記固定手段と対向する位置に設けたスクリーンとを備え、前記透明板およびスクリーンは前記固定手段に固定

(発明が解決しようとする問題点)

しかしながら、前者の方法では端面を側方から観察するため、光ファイバの軸を中心に光ファイバを回転させながら測定しなければならず、作業が繁雑となり、また、光学顕微鏡で測定する場合上、サブミクロン単位での測定は不可能であり、端面角度の測定精度もたかだか1度程度しか得られなかった。

また一方、後者の方法では光の干渉を利用するため、端面の角度を0.2度以上の精度で測定することが可能であるが、干渉パターンを顕微鏡で観察するために、該顕微鏡の焦点を前記ガラス板越しに光ファイバの端面とガラス板との間の干渉パターンに合わせる必要があり、慣れないと干渉パターンを正確に観察することができず、測定値が不正確になり、また、光ファイバの端面とガラス板とをごく接近させる必要があるため、誤って光ファイバの端面をガラス板に衝突させ、割傷させてしまう恐れがあるという問題点があった。

本発明は前記問題点を除去し、作業が簡単で

された光ファイバの軸に対して直交する如く配置した。

(作 用)

本発明方法によれば、光ファイバの被測定端の反対側の一端より入射した可干渉光は、該光ファイバ内を伝播し被測定端より外部に出射し、透明板を透過してスクリーンに達し、投影像を形成するが、該投影像は被測定端の端面が光ファイバの軸に対して垂直でない場合、該端面角度および光ファイバのコアの屈折率に対応して斜めに投影される。この際、該出射光は透明板に対しても斜めに入射することになるため、該透明板の両面で反射されて干渉を生じ、スクリーン上に光ファイバの軸の延長線上を中心とする同心円状の干渉像を形成する。前記投影像の中心と干渉像の中心との間の距離は、光ファイバの被測定端の端面角度、光ファイバの被測定端と透明板との間隔、透明板とスクリーンとの間隔、透明板の厚さ、透明板の屈折率および光ファイバのコアの屈折率によって定まる値であるため、該距離を測定し、所定の演

算を行なうことにより、光ファイバの被測定端の端面角度が算出される。また、本発明装置によれば、光ファイバの被測定端を固定手段に装着することにより、該光ファイバの被測定端が、透明板およびスクリーンに対して所定の位置関係をもって配置され、光ファイバの反対端より可干渉光を入射することにより、前記投影像および干渉像がスクリーン上に形成され、光ファイバの端面角度の測定がなされる。

#### (実施例)

第1図は本発明の第1の実施例を示すもので、図中、1は光ファイバ、2はガラス板、3はTVカメラの撮像器、4は光ファイバ1の固定台、5はガラス板2の支柱、6は撮像器3の支柱、7は基台、8はカバー、9はHe-Neレーザ光源、10はTVカメラ本体、11はモニターである。

光ファイバ1は、端面角度を測定しようとするもので、その一端1aは周知のHe-Neレーザ光源9に接続され、他端、即ち被測定端1bは固定台4に固定される。

おり、固定台4に装着する場合は、該光ファイバ心線13の端面の被覆12を除去し、その内部の光ファイバ1を表出させ、その上で該光ファイバ1の部分を通4fの細い部位に、また、光ファイバ心線13の部分を通4fの太い部位に収容し、押え板4cを回転させ、当接面4dと4eとを当接させ、磁石4hと4iとを吸着させることにより、保持・固定する如くなっている。なお、この際、光ファイバ1の位置は、第4図に示すように光ファイバ1の被測定端1bの端面1cが、固定台4の側面と一致する如く設定される。

また、前記ガラス板2、撮像器3の撮像面3aは、固定台4に固定された光ファイバ1の軸に対して直交する如く配置される。

カバー8は、固定台4より撮像器3までの部分を外部の光から遮断するためのもので、基台7に取外し自在に取付けられている。

なお、第1図において、He-Neレーザ光源9、TVカメラ本体10およびモニター11は、他の部分より縮小して表わされている。

ガラス板2は、その両面が平行で、厚さおよび屈折率等の光学的特性が均一な透明なものであって、基台7上の固定台4より任意の間隔を隔てた位置に、支柱5によって固定されている。

撮像器3は、例えばCCD等の固体撮像素子であって、撮像面3aがガラス板2を挟んで固定台4と対向する位置となるよう、支柱6によって基台7上に固定されている。

固定台4は、第2図に示すようにブロック状の本体4aと、該本体4aに対して螺番4bを介して回転自在に取付けられた押え板4cとからなり、該本体4aおよび押え板4cの当接面4d、4eには光ファイバ保持用のV字形の溝4f、4gおよび押え板固定用の磁石4h、4iが設けられている。

ここで、前記溝4fの大きさが2段階となっているのは、光ファイバ1の端面の形状と一致させるためである。即ち、前記光ファイバ1は、実際には、第3図に示すようにその周囲に被覆12が施された光ファイバ心線13として用いられて

次に前記装置による測定方法およびその作用について、詳細に説明する。

He-Neレーザ光源9から光ファイバ1の一端1aに入射した光は、該光ファイバ1を伝播して光ファイバの被測定端1bに達し、その端面1cから外部、即ち空气中に放射される。

第5図に示すように、この放射光14はガラス板2を透過して、撮像器3の撮像面3aに達し、投影像Aを形成する。この投影像Aは、撮像器3により電気信号に変換され、TVカメラ本体10を介してモニター11に送出され、表示される。なお、本実施例では撮像器3の撮像面3aがスクリーンに相当する。

第6図は、光ファイバ1の端面1cから放射された光14が撮像面3aに達するまでのようすを示す。ここで、端面1cとガラス板2の一の面との間隔を $l_1$ 、ガラス板2の他の面と撮像面3aとの間隔を $l_2$ 、ガラス板2の厚さを $d$ 、ガラス板2の屈折率を $n$ とし、また、光ファイバ1の端面1cと光ファイバ1の軸に垂直な面とのなす

角度を $\theta$ とすると、端面1cから放射される光14は、第7図に示すように伝播光15、即ち光ファイバ1の軸に対して角度 $\delta$ だけ傾く。該角度 $\delta$ と端面1cの角度 $\theta$ との関係は、

$$n_{\text{core}} \sin \theta = n_0 \sin (\delta + \theta) \dots \dots (1)$$

となる。但し、 $n_{\text{core}}$ は光ファイバ1のコアの屈折率、 $n_0$ は空気の屈折率である。

光ファイバ1の端面1cから放射される光は円錐状の広がりをもっているが、ここで問題にしているのは投影光の中心であり、即ち、光ファイバ1を伝播する最低次のモードの光のみを考えれば事足りる。なぜなら、通常、伝播光15はこのモードに集中しており、投影像A中の最も明るい部分に対応し、かつ像の中心となる。従って、光ファイバ1中を軸方向に伝播してきた光15が、第7図に示すように角度 $\delta$ で放射され、第5図に示すように投影像Aの中心A0に達していると考えることができる。

一方、端面1cから放射された光14は撮像面3aに達する前にガラス板2を通過する。第8

図に示すように、ガラス板2に対して角度 $\eta$ で入射する光14aは、透過光14bを生じるとともに、ガラス板2の両面で反射を繰返して多数の干渉光16を生じ、即ち該角度 $\eta$ に依存して強め合ったり弱め合ったりして、結局、撮像面3a上に光ファイバ1の軸の延長線上を中心とする同心円状の明暗パターン(干渉像)を形成する。

明線を発生する角度 $\eta$ の条件は次のとおりである。

$$2d n / \cos \eta = m \lambda$$

$$n_0 \sin \eta = n \sin \eta' \dots \dots (2)$$

(但し、 $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ )

ここで、 $\lambda$ はHe-Neレーザ光の波長である。

前記条件を満足する角度 $\eta$ に対応して、第5図に示すように、撮像面3a上に光ファイバ1の軸の延長線上を中心とする同心円状の干渉像Bが生じる。

これに対して、前記投影像Aは前述したように端面1cの角度 $\theta$ および光ファイバ1のコアの屈折率に依存し、式(1)に従う角度 $\delta$ をなして放

射されるため、投影像Aの中心A0と干渉像Bの中心B0とは、撮像面3a上で次式に示す距離 $x$ だけずれる。

$$x = n_0 (\ell_1 + \ell_2 + d/n) \tan \delta \dots \dots (4)$$

前記距離 $x$ を測定し、式(1)、(4)を用いて演算処理することにより、光ファイバ1の端面1cの角度 $\theta$ を求めることができる。

本実施例ではスクリーンとしてTVカメラの撮像器3を用いているので、投影像Aおよび干渉像Bはモニタ11上で確認される。そのため、測定精度は撮像器3の分解能によって決定される。

今、撮像器3の分解能を撮像面3a上で $30 \mu\text{m}$ とする。この値は走査線500本で $1.5 \text{ cm}$ 角の撮像面を持つTVカメラの撮像器に相当する。また、前記測定装置の各数値を

$$d = 2 \text{ mm}, n = 1.4, \lambda = 0.63 \mu\text{m},$$

$$\ell_1 = 30 \text{ mm}, \ell_2 = 10 \text{ mm}, n_0 = 1.0$$

とし、光ファイバ1の屈折率 $n_{\text{core}} = 1.45$ 、比屈折率差 $\Delta = 1\%$ とすると、端面角度 $0.1$ 度

に対する撮像面3a上での距離 $x$ は $33 \mu\text{m}$ と算出される。

この値は前記TVカメラの撮像器の分解能にはほぼ等しく、この実施例での端面角度の測定分解能はほぼ $0.1$ 度であることがわかる。

なお、 $1.0$ 度までの端面角度に対応する距離 $x$ の計算値を第9図に示す。但し、距離 $x$ は光ファイバ1の端面1cと撮像面3aとの間の光路長 $n_0 (\ell_1 + \ell_2 + d/n)$ で規格化してある。

前記構成によれば、大変単純な構成でありながら、端面角度を $0.1$ 度という高い精度で測定することができる。

このように前記実施例によれば、測定時に観察しなければならないのは、撮像面3a上の投影像および干渉像だけであるので顕微鏡を必要としない。しかも、光ファイバ1の端面1cとガラス板2との間隔、あるいは撮像面3aとの間隔が任意であり、顕微鏡を用いた場合のように焦点合せのような操作も駆動機構も必要ない。また、光ファイバ1の端面1cと撮像面3aとの間隔が充分

大きければ、端面1cの固定位置のわずかな変動は測定精度に大きな影響を与えない。なぜなら、距離Xは光ファイバ1の端面1cと撮像面3aとの間隔に比例するため、該間隔に対するわずかな誤差は、距離Xに取ってもわずかな誤差にすぎないからである。

前記実施例において、距離Xは本測定を行なう人がモニタ11上で物差し等により計測する方法をとっているが、TVカメラ本体11の出力信号を計算機で処理して、投影像の中心と干渉像の中心をそれぞれ自動的に算出して距離Xを求め、端面角度を算出することもできる。

この場合の投影像の中心を決定する処理は、投影像の重心を求めることで簡単に実現される。また、干渉像に対しては、パターンが円形であることを利用して1つの暗線上の数カ所の位置を検出し、それらから中心位置を算出する処理方法を使用する。このようにして距離の算出も自動的に行なえば、被測定光ファイバを装置にセットするのみで簡単に端面角度を知ることができる。

り入射させたレーザ光をコネクタから出射させ、すりガラス21上に投影する。而して、ケース22のレセプタ20の取付け面に対向する面に設けられた窓(図示せず)からすりガラス21をのぞき、その上に形成される投影像の中心と同心円状の干渉像の中心との距離を測定し、前記同様の演算を行なうことにより、光ファイバコネクタの端面角度を求める。

このように本実施例によれば、小型で堅牢かつ構成簡単な測定装置を実現でき、作業現場において、光ファイバコネクタの端面を研磨する際の端面角度の測定を容易に行なうことができる。なお、その他の構成、作用は第1の実施例と同様である。

(発明の効果)

以上説明したように本発明によれば、顕微鏡を必要とせず、従って、焦点合せ等の駆動機構を必要とせず、光ファイバの固定手段と透明板とスクリーンとで構成された極めて単純な構造の測定装置を用いて、端面角度の測定が実現でき、また、

また、本実施例では干渉を生じさせるためのガラス板2とスクリーンの役目を果たす顕像器3とが分離しているが、これらを一体にする、即ち第6図における両者間の距離L2を「0」にすることもでき、この場合は部品点数が減り、さらに単純な構造の測定装置を実現できる。

第10図は本発明の第2の実施例を示すものである。図中、20は光ファイバコネクタ用レセプタ、21はスクリーン用すりガラス、22はケースである。レセプタ20は光ファイバコネクタ(図示せず)を挿入し固定する部品であり、ケース22の一端に取付けられている。また、ケース22内の所定の位置、即ちレセプタ20より任意の間隔を隔てた位置にはガラス板2が、また、ガラス板2を挟んでレセプタ20と対向する位置にはすりガラス21が、該レセプタ20の軸と直交する如くそれぞれ固定されている。

これを使用する場合は、測定しようとする光ファイバを取付けた光ファイバコネクタをレセプタ20に接続し、該光ファイバの反対側の端部よ

測定精度は従来の測定法に比較して、同等もしくはそれ以上であり、また、顕微鏡等を必要としないため、取扱いが極めて簡単であり、測定に熟練を必要としない。さらにまた、光ファイバの端面に近接させる部品を必要としないため、誤って端面を損傷する恐れがない等の利点がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

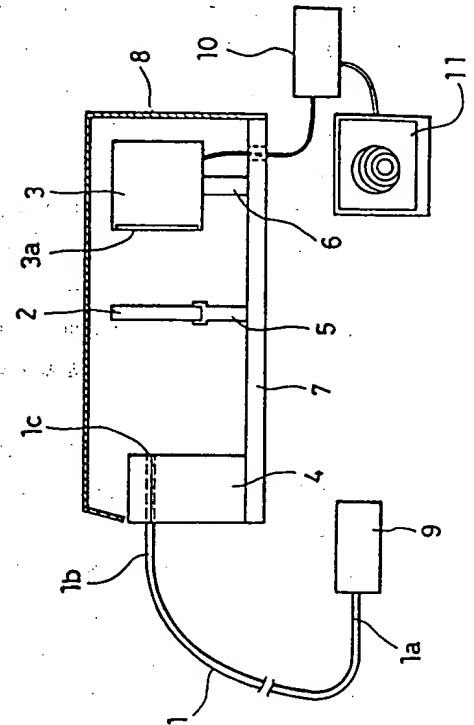
第1図は本発明の第1の実施例を示す構成図、第2図は光ファイバ固定台の詳細を示す斜視図、第3図は光ファイバの端部のようすを示す図、第4図は光ファイバ固定台に光ファイバを固定したようすを示す図、第5図は光ファイバからの出射光により顕像面に投影像および干渉像が形成されるようすを示す説明図、第6図は光ファイバからの出射光が顕像面に投影されるようすを示す図、第7図は光ファイバの端面角度と出射光の角度との関係を示す図、第8図はガラス板により干渉が生ずるようすを示す説明図、第9図は第1の実施例における端面角度とスクリーン上の距離との関係を示すグラフ、第10図は第2の実施例を示す

一部切欠斜視図である。

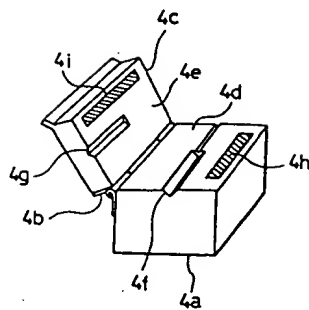
1…光ファイバ、1b…光ファイバ1の被測定端、1c…光ファイバ1の端面、2…ガラス板、3…撮像器、3a…撮像器3の撮像面、4…光ファイバの固定台、5、6…支柱、7…基台、8…カバー、9…He-Neレーザ光源、10…TVカメラ本体、11…モニタ。

特許出願人 日本電信電話株式会社  
代理人弁理士 古田 裕 孝

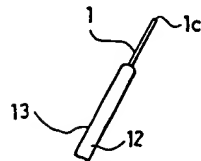
第1図



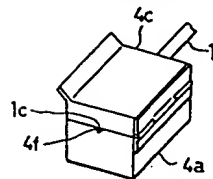
第2図



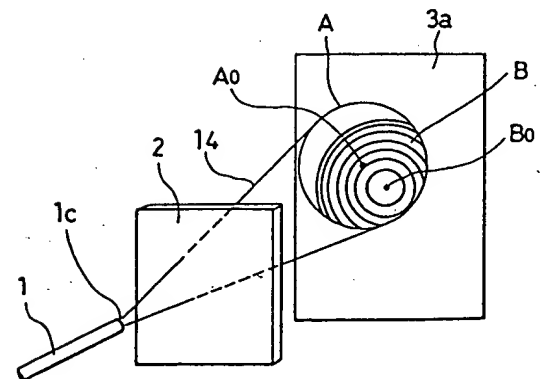
第3図



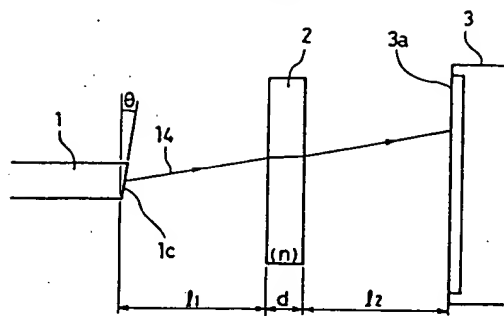
第4図



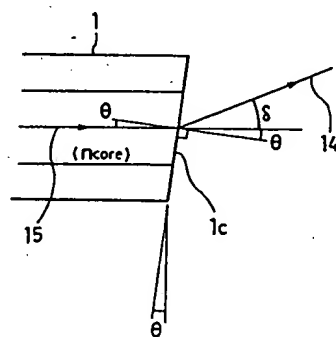
第5図



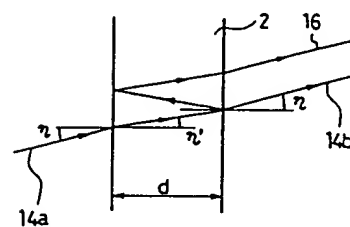
第6図



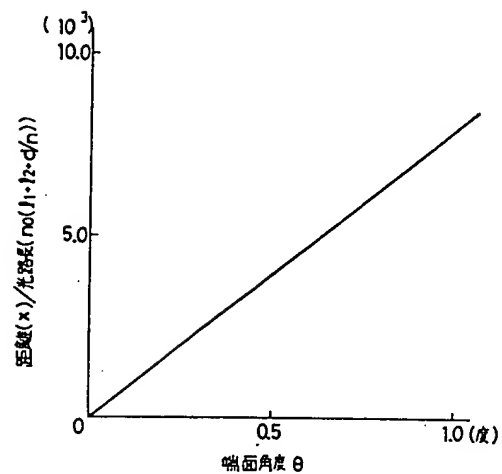
第7図



第8図



第9図



第10図

